

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 0 日
Date of Application:

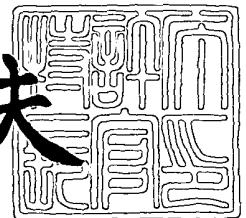
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 7 5 6 7 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 5 6 7 5]

出 願 人 國 分 泰 雄
Applicant(s): 株式会社半導体プロセス研究所

2 0 0 3 年 7 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 0 7 6 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 SPL-M14

【提出日】 平成14年 9月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/15

【発明の名称】 光導波路及びその製造方法

【請求項の数】 15

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区鍛冶ヶ谷 2-15-12

 【氏名】 國分 泰雄

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区港南 2-13-29 株式会社半導体プロセス研究所内

 【氏名】 塩谷 喜美

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区港南 2-13-29 株式会社半導体プロセス研究所内

 【氏名】 前田 和夫

【特許出願人】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区鍛冶ヶ谷 2-15-12

 【氏名又は名称】 國分 泰雄

【特許出願人】

 【識別番号】 391007873

 【氏名又は名称】 株式会社半導体プロセス研究所

【代理人】**【識別番号】** 100091672**【住所又は居所】** 東京都中央区日本橋人形町 3 丁目 1 1 番 7 号 山西ビル
4 階**【弁理士】****【氏名又は名称】** 岡本 啓三**【電話番号】** 03-3663-2663**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 013701**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9722731**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、

メチルシランと、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記コア層となるシリコン窒化膜を形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 2】 コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、

メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物、アルコキシ結合を有するアルキル化合物の何れか一と、一酸化二窒素 (N_2O) と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記コア層又はクラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 3】 前記一酸化二窒素 (N_2O)、又は窒素 (N_2) 或いはアンモニア (NH_3) の流量を調整することによりシリコン酸化窒化膜の屈折率を調整することを特徴とする請求項 2 記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】 前記混合ガスは、酸素 (O_2) を含むことを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の光導波路の製造方法。

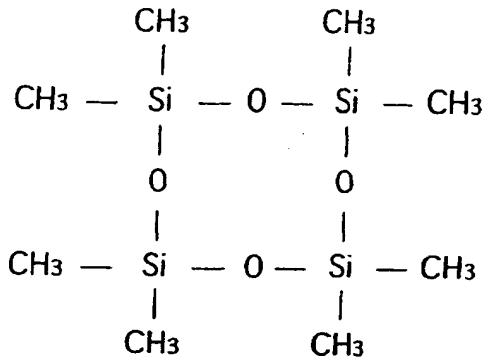
【請求項 5】 前記混合ガスは、He 又は Ar のうち少なくとも何れか一を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 6】 前記メチルシランは、モノメチルシラン ($SiH_3(CH_3)$)、ジメチルシラン ($SiH_2(CH_3)_2$)、トリメチルシラン ($SiH(CH_3)_3$)、又はテトラメチルシラン ($Si(CH_3)_4$) のうち何れか一であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 7】 前記シロキサン結合を有するアルキル化合物は、ヘキサメチルジシロキサン ($HMDSO : (CH_3)_3Si-O-Si(CH_3)_3$)、オクタメチルシクロ

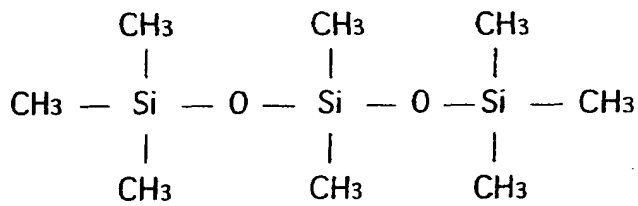
テトラシロキサン (OMCTS：

【化1】)、



又はオクタメチルトリシロキサン (OMTS：

【化2】)



のうち何れかであることを特徴とする請求項2乃至5の何れかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項8】 前記アルコキシ結合を有するアルキル化合物は、ジメチルジメトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)、ジメチルジエトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$)、又はトリメトキシシラン ($\text{TMS}:\text{SiH}(\text{OCH}_3)_3$) のうち何れかであることを特徴とする請求項2乃至5の何れかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項9】 コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、

メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化膜を形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項10】 前記一酸化二窒素 (N_2O) の流量はメチルシランの流量の20倍以上であることを特徴とする請求項9記載の光導波路の製造方法。

【請求項11】 前記混合ガスは、酸素 (O_2) を含むことを特徴とする

請求項 9 又は 10 記載の光導波路の製造方法。

【請求項 12】 コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、

請求項 1 乃至 8 の何れかーに記載の光導波路の製造方法によりコア層を形成する工程と、

メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化膜を形成する工程とを有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 13】 主に光を伝播させるコア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、

請求項 1 乃至 8 の何れかーに記載の光導波路の製造方法によりコア層を形成する工程と、

メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物又はアルコキシ結合を有するアルキル化合物のうち何れかーと、 N_2O と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れかーとを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成する工程とを有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 14】 前記クラッド層を形成した後に、前記クラッド層を一酸化二窒素 (N_2O) 又は酸素 (O_2) のプラズマに接触させることを特徴とする請求項 2 乃至 13 の何れかーに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 15】 請求項 1 乃至 14 の何れかーに記載の光導波路の製造方法により作成されたことを特徴とする光導波路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路及びその製造方法に関し、より詳しくは、光集積回路装置を構成する光導波路及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光集積回路装置、特に、通信用には光の波長として $1.55\mu\text{m}$ が用いられている。この波長帯域に関して、現在、光導波路を構成するコア層には SiO_2 に Ge や P を添加した膜が用いられ、クラッド層にはそれよりも屈折率が小さい SiO_2 膜が用いられている。

【0003】

近年、光集積回路装置の高集積度化、高密度化への要求が高まるにつれて、光の伝播効率を高めるため、コア層とコア層を覆うクラッド層の屈折率の差を大きくすることが要求されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、現在の技術では、コア層とクラッド層の屈折率の差は 0.04 と非常に小さく、伝播する光のクラッド層へのしみ込みや損失が大きいという問題や、コア層の屈折率自体が小さいため、共振器等の光デバイスのパターンが大きくなるという問題があった。

【0005】

本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、コア層の屈折率自体を大きくするとともに、コア層とクラッド層の屈折率の差を大きくすることができる光導波路及びその製造方法を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項 1 記載の発明は、光導波路の製造方法に係り、コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、メチルシランと、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記コア層となるシリコン窒化膜を形成することを特徴とし、

請求項 2 記載の発明は、光導波路の製造方法に係り、コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物、アルコキシ結合を有するアルキル化合物の何れか一と、一酸化二窒素 (N_2O) と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち

少なくとも何れか一を含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記コア層又はクラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成することを特徴とし、

請求項 3 記載の発明は、請求項 2 記載の光導波路の製造方法に係り、前記一酸化二窒素 (N_2O)、又は窒素 (N_2) 或いはアンモニア (NH_3) の流量を調整することによりシリコン酸化窒化膜の屈折率を調整することを特徴とする。

【0007】

請求項 4 記載の発明は、請求項 2 又は 3 記載の光導波路の製造方法に係り、前記混合ガスは、酸素 (O_2) を含むことを特徴とし、

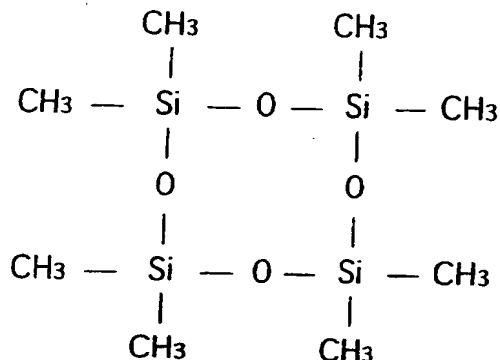
請求項 5 記載の発明は、請求項 1 乃至 4 の何れか一に記載の光導波路の製造方法に係り、前記混合ガスは、He 又は Ar のうち少なくとも何れか一を含むことを特徴とし、

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の光導波路の製造方法に係り、前記メチルシランは、モノメチルシラン ($\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$)、ジメチルシラン ($\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$)、トリメチルシラン ($\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$)、又はテトラメチルシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_4$) のうち何れかであることを特徴とし、

請求項 7 記載の発明は、請求項 2 乃至 5 の何れか一に記載の光導波路の製造方法に係り、前記シロキサン結合を有するアルキル化合物は、ヘキサメチルジシロキサン ($\text{HMDSO} : (\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$)、オクタメチルシクロテトラシロキサン ($\text{OMCTS} :$

【0008】

【化 3】)、

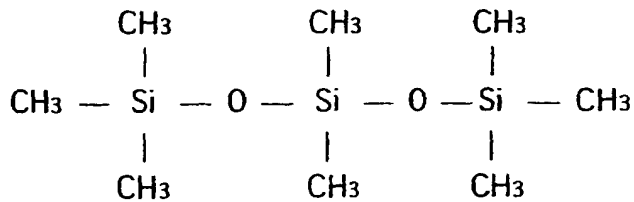


【0009】

又はオクタメチルトリシロキサン (OMTS :

【0010】

【化4】)



【0011】

のうち何れか一であることを特徴とし、

請求項8記載の発明は、請求項2乃至5の何れか一に記載の光導波路の製造方法に係り、前記アルコキシ結合を有するアルキル化合物は、ジメチルジメトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)、ジメチルジエトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$)、又はトリメトキシシラン (TMS: $\text{SiH}(\text{OCH}_3)_3$) のうち何れか一であることを特徴とし、

請求項9記載の発明は、光導波路の製造方法に係り、コア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化膜を形成することを特徴とし、

請求項10記載の発明は、請求項9記載の光導波路の製造方法に係り、前記一酸化二窒素 (N_2O) の流量はメチルシランの流量の20倍以上であることを特徴とし、

請求項11記載の発明は、請求項9又は10記載の光導波路の製造方法に係り、前記混合ガスは、酸素 (O_2) を含むことを特徴とし、

請求項12記載の発明は、光導波路の製造方法に係り、主に光を伝播させるコア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、請求項1乃至8の何れか一に記載の光導波路の製造方法によりコア層を形成する工程と、メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化膜を形成する工程とを有するこ

とを特徴とし、

請求項 13 記載の発明は、光導波路の製造方法に係り、主に光を伝播させるコア層と該コア層を覆うクラッド層とを有する光導波路の製造方法において、請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の光導波路の製造方法によりコア層を形成する工程と、メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物又はアルコキシ結合を有するアルキル化合物のうち何れか一と、 N_2O と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させて前記クラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成する工程とを有することを特徴とし、

請求項 14 記載の発明は、請求項 2 乃至 13 の何れかに記載の光導波路の製造方法に係り、前記クラッド層を形成した後に、前記クラッド層を一酸化二窒素 (N_2O) 又は酸素 (O_2) のプラズマに接触させることを特徴とし、

請求項 15 記載の発明は、光導波路に係り、請求項 1 乃至 14 の何れか一の光導波路の製造方法により作成されたことを特徴としている。

【0012】

以下に、上記本発明の構成に基づく作用について説明する。

【0013】

この発明においては、メチルシランと、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてコア層となるシリコン窒化膜を形成している。

【0014】

実験によれば、上記混合ガスによって 2 程度の大きな屈折率を有するシリコン窒化膜を形成することができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができた。このシリコン窒化膜をコア層として用いることにより、コア層は大きな屈折率を有するようになるため共振器等の光デバイスのパターンを小さくすることができる。しかも、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができるので、デバイス特性のウエハ内の均一化を図ることができる。

【0015】

また、メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物、アルコキシ結

合を有するアルキル化合物のうち何れか一と、一酸化二窒素 (N_2O) と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてコア層又はクラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成している。

【0016】

実験によれば、上記混合ガスの構成ガスのうち一酸化二窒素 (N_2O)、又は窒素 (N_2) 或いはアンモニア (NH_3) の流量を調整することにより、形成されるシリコン酸化窒化膜の屈折率を2程度から1.4程度まで広い範囲で調整することができた。従って、シリコン酸化窒化膜をコア層又はクラッド層として用いることができる。

【0017】

また、メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてクラッド層となるシリコン酸化膜を形成している。

【0018】

実験によれば、上記混合ガスによって1.4程度の小さな屈折率を有するシリコン酸化膜を形成することができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができた。

【0019】

さらに、上記のシリコン窒化膜やシリコン酸化窒化膜をコア層として用い、かつ、上記のシリコン酸化膜やシリコン酸化窒化膜をクラッド層として用いることにより、コア層とクラッド層との間の屈折率の差を0.5乃至0.6程度とすることが可能である。これにより、コア層を伝播する光のクラッド層へのしみ込みや損失を大きく低減することが可能である。

【0020】

また、上記製造方法を組み合わせることにより、コア層及びクラッド層をともにプラズマCVD法により形成することができるため、膜厚の制御が容易になる。これにより、屈折率を大きくすることによる光デバイスのパターンの縮小化とあわせて、光集積回路装置の高集積化、高密度化を図ることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

(本発明の実施の形態である成膜方法に用いるプラズマCVD装置の説明)

図1は、本発明の実施の形態に係る光導波路の製造方法に用いられる平行平板型のプラズマCVD装置101の構成を示す側面図である。

【0022】

このプラズマCVD装置101は、プラズマガスにより被成膜基板21上にコア層やクラッド層となるシリコン含有絶縁膜を形成する場所である成膜部101Aと、成膜ガスを構成する複数のガスの供給源を有する成膜ガス供給部101Bとから構成されている。

【0023】

成膜部101Aは、図1に示すように、減圧可能なチャンバ1を備え、チャンバ1は排気配管4を通して排気装置6と接続されている。排気配管4の途中にはチャンバ1と排気装置6の間の導通／非導通を制御する開閉バルブ5が設けられている。チャンバ1にはチャンバ1内の圧力を監視する不図示の真空計などの圧力計測手段が設けられている。

【0024】

チャンバ1内には対向する一対の上部電極2と下部電極3とが備えられ、上部電極2に周波数13.56MHzの高周波電力を供給する高周波電力供給電源(RF電源)7が接続され、下部電極3に周波数380kHzの低周波電力を供給する低周波電力供給電源8が接続されている。これらの電源7、8のうち少なくとも高周波電力供給電源7から上部電極2に高周波電力を供給して、成膜ガスをプラズマ化する。上部電極2、下部電極3及び電源7、8が成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段を構成する。

【0025】

なお、下部電極3には、周波数380kHzのみならず、周波数50kHz乃至1MHzの低周波電力を印加することができるし、また、下部電極3に対向する上部電極2には、周波数13.56MHzのみならず、周波数1MHz以上の高周波電力を印加してもよい。さらに、図1では上部電極2に高周波電源が接続

され、下部電極 3 に低周波電源が接続されているが、高周波電源 7 は上部電極 2 に限らず、上部電極 2 又は下部電極 3 の何れかーに接続され、かつ低周波電源 8 は下部電極 3 に限らず、他の電極に接続されていれば、この発明の目的を達成することができる。

【0026】

上部電極 2 は成膜ガスの分散具を兼ねている。上部電極 2 には複数の貫通孔が形成され、下部電極 3 との対向面における貫通孔の開口部が成膜ガスの放出口（導入口）となる。この成膜ガスの放出口は成膜ガス供給部 101B と配管 9a で接続されている。また、場合により、上部電極 2 には図示しないヒータが備えられることもある。成膜中に上部電極 2 を温度凡そ 100℃程度に加熱しておくことにより、成膜ガスの反応生成物からなるパーティクルが上部電極 2 に付着するのを防止するためである。

【0027】

下部電極 3 は被成膜基板 21 の保持台を兼ね、また、保持台上の被成膜基板 21 を加熱するヒータ 12 を備えている。

【0028】

成膜ガス供給部 101B には、一般式 $\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$ ($n = 0$ 乃至 3) で表されるメチルシランの供給源と、ヘキサメチルジシロキサン ($\text{HMDSO} : (\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$) 等のシロキサン結合を有するアルキル化合物の供給源と、アルコキシ結合を有するアルキル化合物の供給源と、アンモニア (NH_3) の供給源と、一酸化二窒素 (N_2O) の供給源と、He 又は Ar (希ガス) のうち少なくとも何れか一の供給源と、不活性ガスである窒素 (N_2) の供給源とが設けられている。

【0029】

これらのガスは適宜分岐配管 9b 乃至 9h 及びこれらすべての分岐配管 9b 乃至 9h が接続された配管 9a を通して成膜部 101A のチャンバ 1 内に供給される。分岐配管 9b 乃至 9h の途中に流量調整手段 11a 乃至 11g や、分岐配管 9b 乃至 9h の導通／非導通を制御する開閉手段 10b 乃至 10u が設置され、配管 9a の途中に配管 9a の閉鎖／導通を行う開閉手段 10a が設置されている。

。また、 N_2 ガスを流通させて分岐配管 9 b 乃至 9 f 内の残留ガスをパージするため、 N_2 ガスの供給源と接続された分岐配管 9 h とその他の分岐配管 9 b 乃至 9 g の間の導通／非導通を制御する開閉手段 10 p 乃至 10 u が設置されている。なお、 N_2 ガスは、分岐配管 9 b 乃至 9 g 内のほかに、配管 9 a 内及びチャンバ 1 内の残留ガスをパージするために用いる。また、 N_2 ガスは成膜ガスとして用いる。

【0030】

以上のような成膜装置 101 によれば、一般式 $SiH_n(CH_3)_{4-n}$ ($n = 0$ 乃至 3) で表されるメチルシランの供給源と、ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO) 等のシロキサン結合を有するアルキル化合物の供給源と、アルコキシ結合を有するアルキル化合物の供給源と、アンモニア (NH_3) の供給源と、一酸化二窒素 (N_2O) の供給源と、He 又は Ar (希ガス) のうち少なくとも何れか一の供給源と、不活性ガスである窒素 (N_2) の供給源とを備え、さらに成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段 2、3、7、8 を備えている。

【0031】

これにより、以下に説明するプラズマ CVD 法により、高い屈折率を有するシリコン窒化膜やシリコン酸化窒化膜からなるコア層と、低い屈折率を有するシリコン酸化膜やシリコン酸化窒化膜からなるクラッド層を形成することができる。

【0032】

次に、本発明に用いる成膜ガスである、メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物やアルコキシ結合を有するアルキル化合物について説明する。

【0033】

代表例として以下に示すものを用いることができる。

【0034】

(i) メチルシラン ($SiH_n(CH_3)_{4-n}$: $n = 0$ 乃至 3)

モノメチルシラン ($SiH_3(CH_3)$)

ジメチルシラン ($SiH_2(CH_3)_2$)

トリメチルシラン ($SiH(CH_3)_3$)

テトラメチルシラン ($Si(CH_3)_4$)

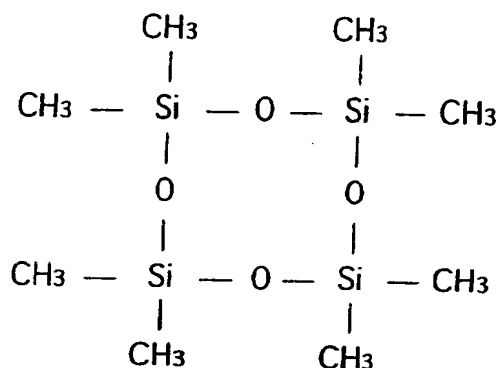
(ii) シロキサン結合を有するアルキル化合物

ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO: $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$)

オクタメチルシクロテトラシロキサン (OMCTS:

【0035】

【化5】)

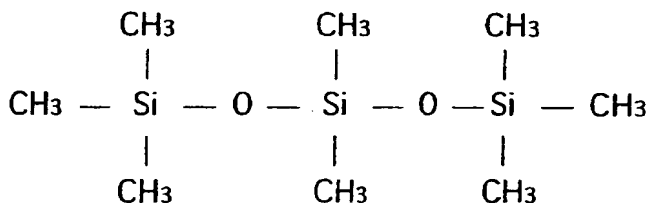


【0036】

オクタメチルトリシロキサン (OMTS:

【0037】

【化6】)



【0038】

(iii) アルコキシ結合を有するアルキル化合物

ジメチルジメトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)

ジメチルジエトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$)

トリメトキシシラン ($\text{TMS}:\text{SiH}(\text{OCH}_3)_3$)

(本発明の実施の形態である成膜方法の説明)

次に、この発明の実施の形態である光導波路の製造方法に用いられる成膜ガスを構成する、特に有効なガスの組み合わせについて、図2を参照して説明する。

【0039】

この図2は、コア層又はクラッド層となる、シリコン窒化膜（SiN膜）、シリコン酸化窒化膜（SiON膜）、及びシリコン酸化膜（SiO膜）を形成するための成膜ガスを構成する各ガスの組み合わせについて示す表である。以下に、図2の形成膜の表示に従って具体的に成膜ガスの特に有効な構成を列挙する。

【0040】

(i) シリコン窒化膜（SiN膜）を形成する成膜ガスの構成ガス

- (1) メチルシラン／N₂
- (2) メチルシラン／N₂／Ar又はHe
- (3) メチルシラン／NH₃
- (4) メチルシラン／NH₃／Ar又はHe
- (5) メチルシラン／N₂／NH₃
- (6) メチルシラン／N₂／NH₃／Ar又はHe

(ii) シリコン酸化窒化膜（SiON膜）を形成する成膜ガスの構成ガス

- (7) メチルシラン／N₂／N₂O
- (8) メチルシラン／N₂／N₂O／Ar又はHe
- (9) メチルシラン／NH₃／N₂O
- (10) メチルシラン／NH₃／N₂O／Ar又はHe
- (11) メチルシラン／N₂／NH₃／N₂O
- (12) メチルシラン／N₂／NH₃／N₂O／Ar又はHe
- (13) シロキサン／N₂／NH₃／N₂O
- (14) シロキサン／N₂／NH₃／N₂O／Ar又はHe
- (15) アルコキシ化合物／N₂／NH₃／N₂O
- (16) アルコキシ化合物／N₂／NH₃／N₂O／Ar又はHe

上記(7)乃至(16)の構成ガスの他に、酸素（O₂）を添加してもよい。

【0041】

(iii) シリコン酸化膜（SiO膜）を形成する成膜ガスの構成ガス

- (17) メチルシラン／N₂O

上記(17)の構成ガスの他に、酸素（O₂）を添加してもよい。

【0042】

本願発明者の実験によれば、上記成膜ガスに含まれる N_2O 流量、又は N_2 或いは NH_3 流量を調整することにより、又はAr或いはHeの流量を調整することにより、屈折率の調整が可能であることを見いだした。

【0043】

特に、SiON膜を成膜する場合、上記(7)乃至(16)の成膜ガスにおいて N_2O 流量を調整することにより、屈折率を1.4乃至2程度まで制御することができた。さらに詳しくいうと、 N_2 或いは NH_3 流量に対して、 N_2O 流量が大きいと屈折率が低くなり、 N_2O 流量が小さいと屈折率が高くなる。これは以下のように推定される。即ち、窒素に対して、酸素が多くなると膜中の電子密度が小さくなるため、屈折率が低くなり、逆に、酸素が少なくなると膜中の電子密度が大きくなるため、屈折率が高くなる。従って、屈折率の調整により、SiON膜をコア層として或いはクラッド層として用いることができる。

【0044】

また、シリコン窒化膜では屈折率2程度のものが得られた。従って、それをコア層として用いることができる。シリコン酸化膜では屈折率1.4程度ものが得られた。従って、それをクラッド層として用いることができる。

【0045】

上記シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、又はシリコン酸化膜を N_2O や O_2 のプラズマに接触させることにより、膜質を高め、特にクラッド層となるシリコン酸化窒化膜やシリコン酸化膜に対して用いることにより、さらに低い屈折率を達成することができる。

【0046】

次に、上記プラズマCVD装置を用いてこの発明の光導波路の製造方法により形成されたシリコン含有絶縁膜の屈折率面内分布及び膜厚面内分布を調査した結果について説明する。

【0047】

(1) 第1実施例

試料は、被成膜基板の上にシリコン窒化膜を形成した。シリコン窒化膜は、プ

ラズマCVD法により以下の成膜条件で形成された。

【0048】

(成膜条件 I)

(i) 成膜ガス条件

テトラメチルシラン流量: 50 sccm

N₂流量: 100 sccm

NH₃流量: 100 sccm

Ar 流量: 300 sccm

ガス圧力: 1.1 Torr

(ii) プラズマ化条件

高周波電力(13.56MHz) PRF: 100 W

低周波電力(380KHz) PLF: 250 W

(iii) 基板加熱温度: 300 °C

(iv) 成膜されたシリコン窒化膜 (図3 参照)

膜厚 (面内): 2.5739 μ m \pm 30 nm

屈折率 (面内): 2.0664 \pm 0.0004 (測定波長: 1.55 μ m

)

以上のように、上記実験によれば、上記成膜ガスによって2程度の大きな屈折率を有するシリコン窒化膜を形成することができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができた。このシリコン窒化膜をコア層として用いることにより、コア層は高い屈折率を有するようになるため共振器等の光デバイスのパターンを小さくすることができる。しかも、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができるため、デバイス特性のウエハ内の均一化を図ることができる。

。

【0049】

(2) 第2実施例

試料は、第1実施例と同じく被成膜基板の上にシリコン酸化膜を形成した。シリコン酸化膜は、プラズマCVD法により以下の成膜条件で形成された。

【0050】

(成膜条件II)

(i) 成膜ガス条件

テトラメチルシラン流量：50 sccm

N₂O流量：2000 sccm

ガス圧力：1.0 Torr

(ii) プラズマ化条件

高周波電力(13.56MHz) PRF：150 W

低周波電力(380KHz) PLF：300 W

(iii) 基板加熱温度：300℃

(iv) 成膜されたシリコン酸化膜 (図4 参照)

膜厚 (面内)：3.00326 μ m \pm 30 nm屈折率 (面内)：1.4642 \pm 0.0006 (測定波長：1.55 μ m

)

以上のように、上記実験によれば、上記成膜ガスによって1.4程度の小さな屈折率を有するシリコン窒化膜を形成することができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができた。なお、実験では、テトラメチルシラン流量に対するN₂O流量の比を40倍として1.4程度の小さい屈折率を得たが、これに限らず、その流量比を大きくすれば、クラッド層として用いるのに十分な小さな屈折率が得られる。必要な屈折率差にもよるが、好ましくは、20倍程度以上とする。

【0051】

以上のように、本発明のシリコン酸化膜やシリコン酸化窒化膜をクラッド層として用い、また本発明のシリコン窒化膜やシリコン酸化窒化膜をコア層として用いることにより、コア層とクラッド層との間の屈折率の差を0.5乃至0.6程度とすることが可能である。これにより、コア層を伝播する光のクラッド層へのしみ込みや損失を大きく低減することが可能である。

【0052】

また、上記製造方法を組み合わせることにより、コア層及びクラッド層をともにプラズマCVD法により形成することができるため、膜厚の制御が容易となる

。従って、屈折率を高くすることによる光デバイスのパターンの縮小化とあわせて、光集積回路装置の高集積化、高密度化を図ることができる。

【0053】

(光導波路への適用)

以下に、図5(a)、(b)を参照して上記製造方法を光導波路に適用した例について説明する。

【0054】

図5(a)は、光集積回路装置のリング共振器周辺の構成を示す斜視図である。図5(b)は、図5(a)のI-I線に沿う断面図である。

【0055】

図5(a)に示すように、シリコン基板(被成膜基板)21上に、交差するバスライン導波路(コア層に対応)22a、22bと、その交差する箇所の近くに形成された、幅約 $1.5\mu\text{m}$ の帯状を有する導波路を直径約 $20\mu\text{m}$ のリング状にしたリング共振器23とを有する。図5(b)に示すように、バスライン導波路22a、22bは下部クラッド層24によって周辺部がすべて覆われている。リング共振器23は下部クラッド層24上に形成されたリングコア層23aと、リングコア層23a上に積層された上部クラッド層23bとからなる。なお、図5(a)では、下部クラッド層24を省略している。

【0056】

リング共振器23の円周の一部がバスライン導波路22a、22bと重なっており、

$$n \times \lambda = 2 \pi r \times \delta$$

に従って、共振波長(λ)が決まる。ここで、 r はリング共振器23の半径、 δ はリングコア層23aの屈折率、 n は正の整数である。

【0057】

リング共振器23が、例えば波長 λ_2 の光に共振するように設定されている場合、図5(a)に示すように、インポートポートから入力する周波数が多重化された光($\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$)のうち、リング共振器23によって波長 λ_2 がドロップポートより出力され、他の波長を有する光($\lambda_0, \lambda_1, \lambda_3,$

・ ・ , λ_n) はスルーポートより出力される。

【0058】

上記の構造において、バスライン導波路 22 a、22 b は、屈折率 2 程度を有する膜厚約 0.5 乃至 0.7 μm のシリコン窒化膜又はシリコン酸化窒化膜からなり、リングコア層 23 a は、屈折率 2 程度を有する膜厚約 1 乃至 2 μm のシリコン窒化膜又はシリコン酸化窒化膜からなり、上部クラッド層 23 b は、屈折率 1.4 程度を有する膜厚約 2 乃至 3 μm のシリコン酸化膜又はシリコン酸化窒化膜からなり、下部クラッド層 24 は屈折率 1.4 程度を有する膜厚約 8 μm のシリコン酸化膜又はシリコン酸化窒化膜からなる。上記の各膜はいずれも、既に説明した成膜ガスを適宜選択して用いたプラズマ励起 CVD 法により形成される。

【0059】

リング共振器によれば、プラズマ励起 CVD 法により形成されたシリコン窒化膜やシリコン酸化窒化膜をバスライン導波路 22 a、22 b 及びコア層 23 a として用い、またシリコン酸化膜やシリコン酸化窒化膜をクラッド層 23 a、24 として用いることにより、コア層とクラッド層との間の屈折率の差を 0.5 乃至 0.6 程度とすることが可能である。これにより、コア層を伝播する光のクラッド層へのしみ込みや損失を大きく低減することが可能である。

【0060】

また、バスライン導波路 22 a、22 b 及びコア層 23 a と、クラッド層 23 b、24 の屈折率分布及び膜厚分布のばらつきを小さくできるため、光デバイス特性の均一化を図ることができる。

【0061】

さらに、バスライン導波路 22 a、22 b 及びコア層 23 a の屈折率を高くできるため、バスライン導波路 22 a、22 b やリング共振器 23 のパターンの微細化を図ることができる。これにより、光集積回路装置の高集積化、高密度化を図ることができる。

【0062】

また、コア層及びクラッド層をともに CVD 法により形成することができるため、各層の膜厚の制御が容易となる。このため、屈折率を大きくすることによる

光デバイスのパターンの縮小化とあわせて、光集積回路装置の高集積化、高密度化を図ることができる。

【0063】

以上、実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

【0064】

例えば、第1実施例では、コア層となるシリコン窒化膜（SiN膜）の成膜ガスとしてテトラメチルシラン（ $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）と、 N_2 と、 NH_3 と、Arとの混合ガスを用いているが、これに限られない。図2の組み合わせが可能である。また、テトラメチルシラン（ $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）の代わりに、他のメチルシラン、例えばモノメチルシラン（ $\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$ ）、ジメチルシラン（ $\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$ ）、又はトリメチルシラン（ $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ ）のうち何れかーを用い得る。

【0065】

また、第2実施例では、クラッド層となるシリコン酸化膜（SiO膜）の成膜ガスとして、テトラメチルシランと、 N_2O との混合ガスを用いているが、これに限られない。図2の組み合わせが可能である。また、テトラメチルシラン（ $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）の代わりに、他のメチルシラン、例えばモノメチルシラン（ $\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$ ）、ジメチルシラン（ $\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$ ）、又はトリメチルシラン（ $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ ）のうち何れかーを用い得る。

【0066】

さらに、コア層又はクラッド層となるシリコン酸化窒化膜（SiON膜）の成膜ガスとして、図2の組み合わせを用いることができる。この場合、メチルシランとして、例えばモノメチルシラン（ $\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$ ）、ジメチルシラン（ $\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$ ）、トリメチルシラン（ $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ ）又はテトラメチルシラン（ $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）のうち何れかーを用い得る。

【0067】

さらに、メチルシランの代わりに、シロキサン結合を有するアルキル化合物、例えばオクタメチルシクロテトラシロキサン（OMCTS）、又はオクタメチル

トリシロキサン (OMTS) を用いることも可能である。

【0068】

また、メチルシランの代わりに、アルコキシ結合を有するアルキル化合物、例えばジメチルジメトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OCH}_3)_2$)、ジメチルジエトキシシラン ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$)、トリメトキシシラン ($\text{TMS}:\text{SiH}(\text{OCH}_3)_3$) を用いることも可能である。

【0069】

さらに、信号光の波長が $1.55\ \mu\text{m}$ の光導波路に本発明を適用し、屈折率を 1.4 乃至 2 の範囲に調整しているが、これに限られない。屈折率を 1.4 乃至 2 の範囲以外の適度な範囲に調整することで、実用的な光の波長を用いる光導波路に対して適用し得る。

【0070】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、メチルシランと、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてコア層となるシリコン窒化膜を形成している。

【0071】

これにより、コア層は大きな屈折率を有するようになるため共振器等の光デバイスのパターンを小さくすることができる。しかも、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができるので、デバイス特性のウエハ内の均一化を図ることができる。

【0072】

また、メチルシラン、シロキサン結合を有するアルキル化合物、アルコキシ結合を有するアルキル化合物のうち何れか一と、一酸化二窒素 (N_2O) と、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてコア層又はクラッド層となるシリコン酸化窒化膜を形成している。上記混合ガスの構成ガスのうち一酸化二窒素 (N_2O)、又は窒素 (N_2) 或いはアンモニア (NH_3) の流量を調整することにより、形成されるシリコン酸化窒化膜の屈折率を 2 程度から 1.4 程度まで広い範囲で調整すること

ができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができる。

【0073】

また、メチルシランと、一酸化二窒素 (N_2O) とを含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてクラッド層となるシリコン酸化膜を形成している。上記混合ガスによって1.4程度の小さな屈折率を有するシリコン酸化膜を形成することができ、さらに、屈折率分布や膜厚分布の良好な膜を得ることができる。

【0074】

さらに、上記のシリコン窒化膜やシリコン酸化窒化膜をコア層として用い、かつ、上記のシリコン酸化膜やシリコン酸化窒化膜をクラッド層として用いることにより、コア層とクラッド層との間の屈折率の差を0.5乃至0.6程度とすることが可能である。これにより、コア層を伝播する光のクラッド層へのしみ込みや損失を大きく低減することが可能である。

【0075】

また、上記製造方法を組み合わせることにより、コア層及びクラッド層をともにプラズマCVD法により形成することができるため、膜厚の制御が容易になる。これにより、屈折率を大きくすることによる光デバイスのパターンの縮小化とあわせて、光集積回路装置の高集積化、高密度化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態である光導波路の製造方法に用いられるプラズマCVD装置の構成を示す側面図である。

【図2】

本発明の実施の形態である、光導波路の製造方法に用いられる成膜ガスを構成する、特に有効なガスの組み合わせについて示す表である。

【図3】

本発明の第1実施例の光導波路の製造方法の成膜条件Iで形成されたシリコン窒化膜の屈折率面内分布と膜厚面内分布を示すグラフである。

【図4】

本発明の第2実施例の光導波路の製造方法の成膜条件IIで形成されたシリコン

酸化膜の屈折率面内分布と膜厚面内分布を示すグラフである。

【図 5】

本発明の実施の形態の光導波路の製造方法により作成された光導波路を示す断面図である。

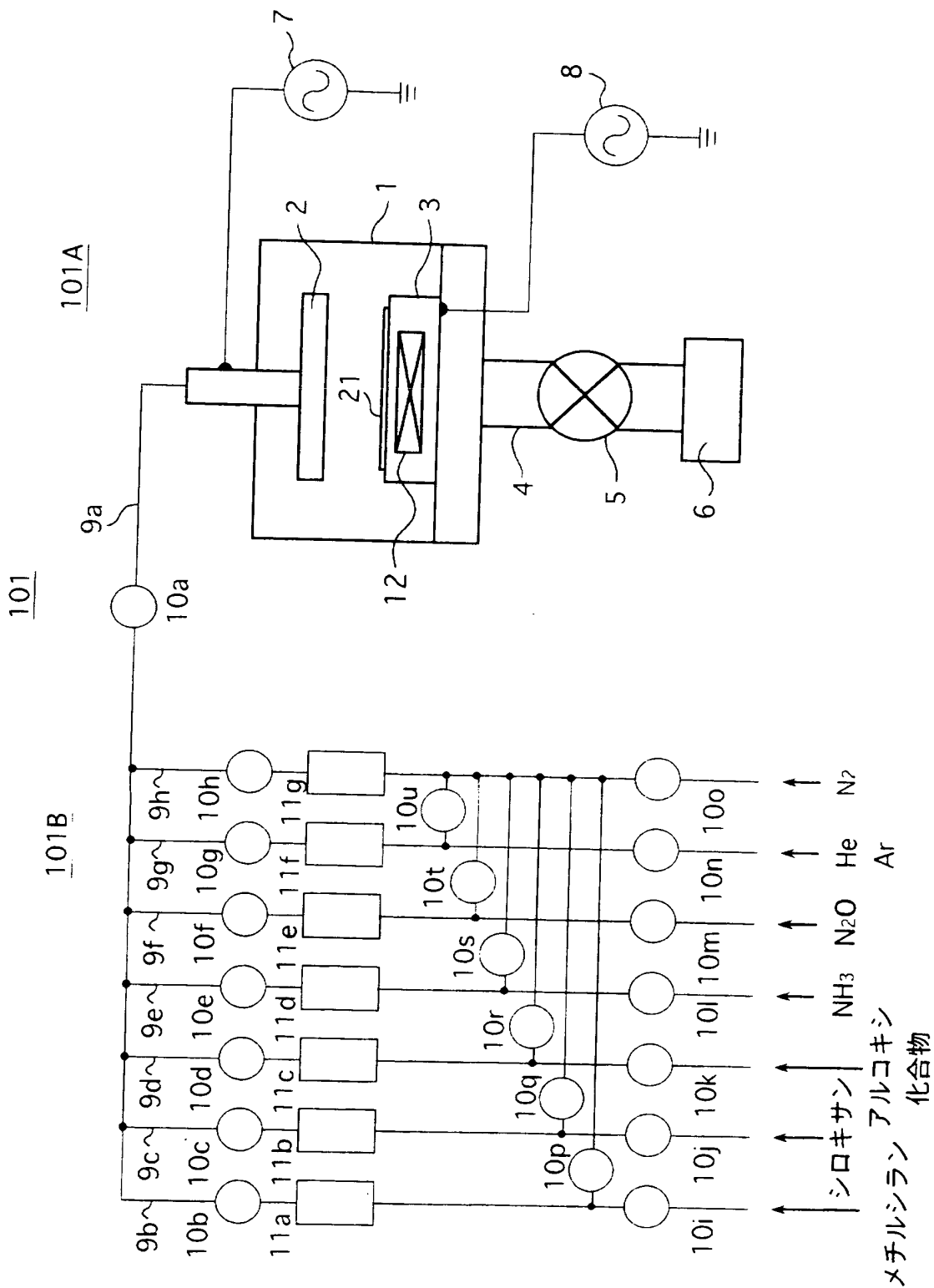
【符号の説明】

- 1 チャンバ
- 2 上部電極
- 3 下部電極
- 4 排気配管
- 5 バルブ
- 6 排気装置
- 7 高周波電力供給電源（R F 電源）
- 8 低周波電力供給電源
- 9 a 配管
- 9 b ～ 9 h 分岐配管
- 10 a ～ 10 u 開閉手段
- 11 a ～ 11 g 流量調整手段
- 12 ヒータ
- 21 シリコン基板（被成膜基板）
- 22 a、22 b バスライン導波路
- 23 リング共振器
- 23 a リングコア層
- 23 b 上部クラッド層
- 24 下部クラッド層
- 101 成膜装置
- 101 A 成膜部
- 101 B 成膜ガス供給部

【書類名】

図面

【図 1】



【図2】

形成膜の表示	1 (2)	3 (4)	5 (6)	7 (8)	9 (10)	11 (12)	13 (14)	15 (16)	17
メチルシラン	○	○	○	○	○	○			○
シロキサン							○		
アルコキシ化合物								○	
N ₂	○		○	○		○	○	○	
NH ₃		○	○		○	○	○	○	
N ₂ O				○	○	○	○	○	○
O ₂				(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)
Ar, He	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	
プラズマ処理	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)
膜構成	SiN	SiN	SiN	SiON	SiON	SiON	SiON	SiON	SiO

注1) 形成膜の表示欄の括弧無し数字は、Ar又はHeを添加しない場合に対応し、

括弧付き数字はAr又はHeを添加する場合に対応する。

注2) Ar、He欄の(○)は、Ar又はHeを添加する場合と添加しない場合の

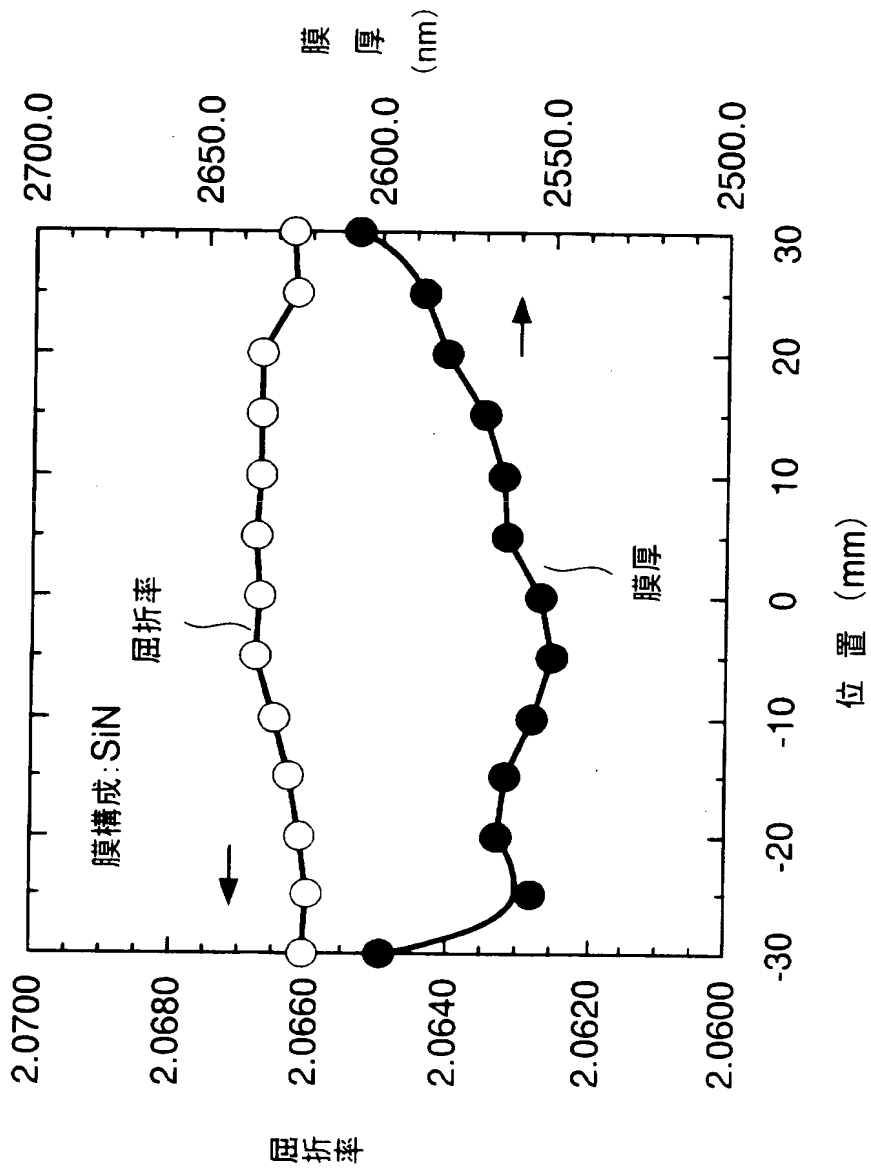
両方を含むことを示す。

注3) O₂欄の(○)は、O₂を添加する場合と添加しない場合の両方を含むことを示す。

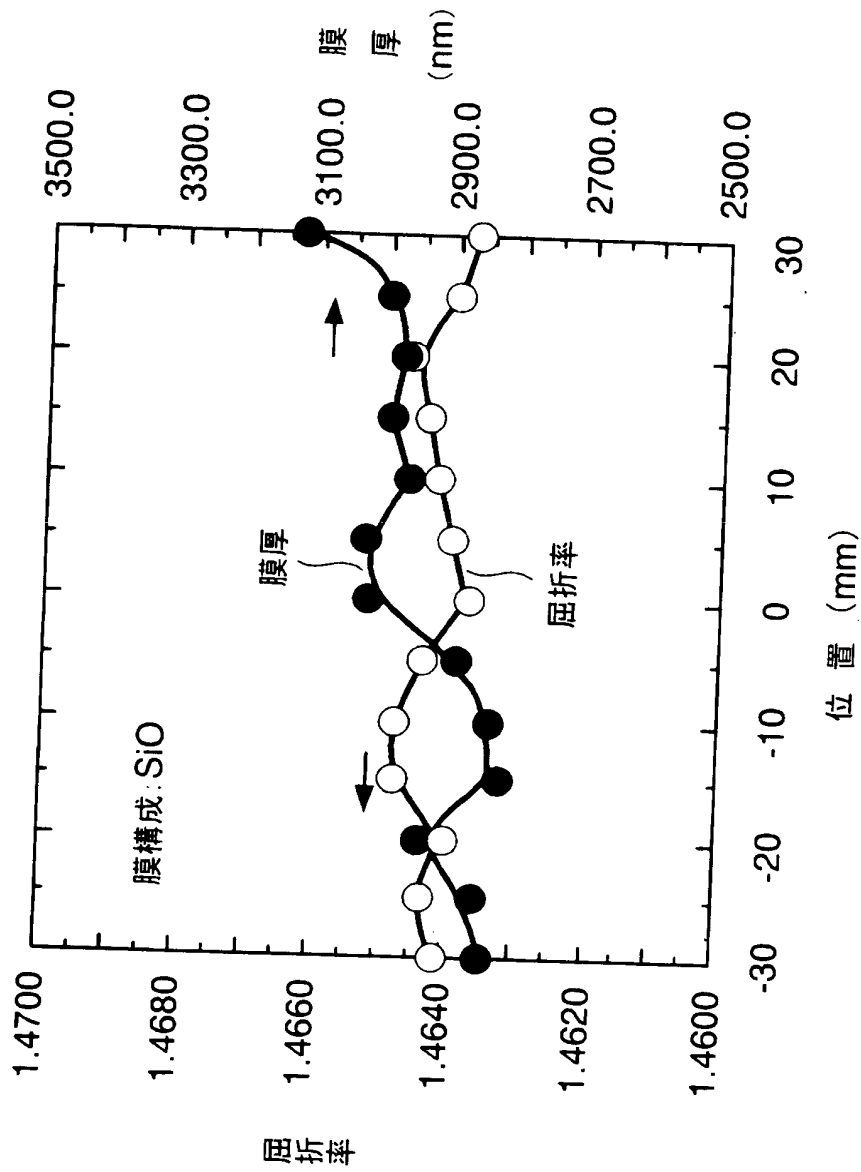
注4) プラズマ処理欄の(○)は形成膜に対してプラズマ処理する場合と

プラズマ処理しない場合の両方を含むことを示す。

【図 3】

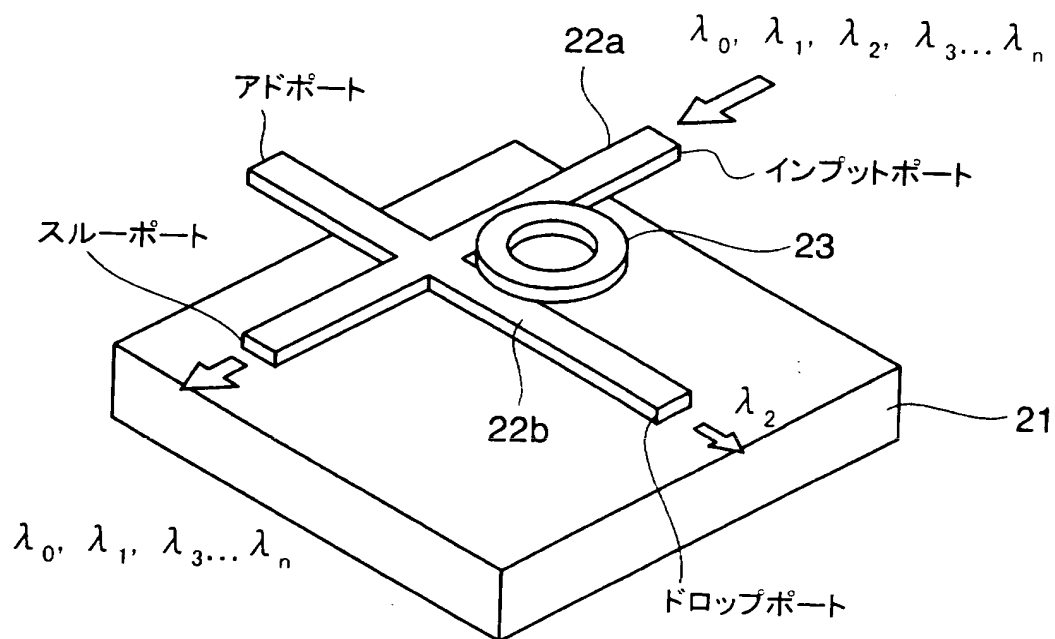


【図 4】

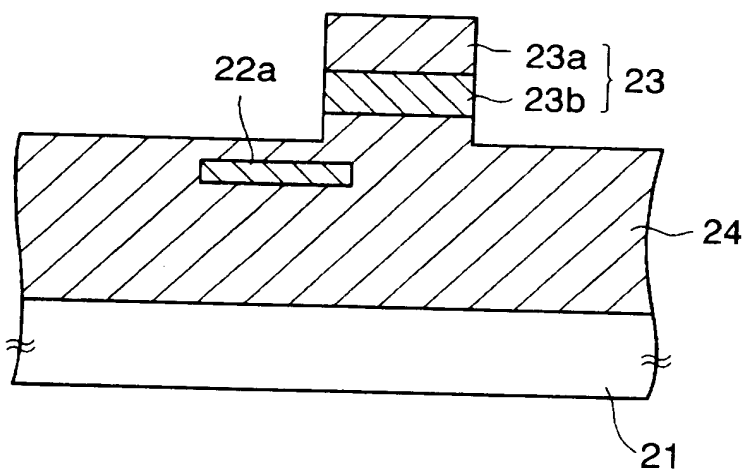


【図 5】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コア層の屈折率自体を大きくするとともに、コア層とクラッド層の屈折率の差を大きくすることができる光導波路の製造方法を提供する。

【解決手段】 コア層 22a、22b、23a と該コア層 22a、22b、23a を覆うクラッド層 23b、24 とを有する光導波路の製造方法において、メチルシランと、窒素 (N_2) 又はアンモニア (NH_3) のうち少なくとも何れか一を含む混合ガスをプラズマ化し、反応させてコア層 22a、22b、23a となるシリコン窒化膜を形成する。

【選択図】 図 5

特願 2002-275675

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[391007873]

1. 変更年月日

1990年12月28日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区港南2-13-29

氏 名

株式会社半導体プロセス研究所

2. 変更年月日

2003年 6月 3日

[変更理由]

住所変更

住 所

千葉県市川市二俣717番地30号 アペックスビル4階

氏 名

株式会社半導体プロセス研究所

特願 2002-275675

出願人履歴情報

識別番号

[502343849]

1. 変更年月日

2002年 9月20日

[変更理由]

新規登録

住所

神奈川県横浜市栄区鍛冶ヶ谷2-15-12

氏名

國分 泰雄